
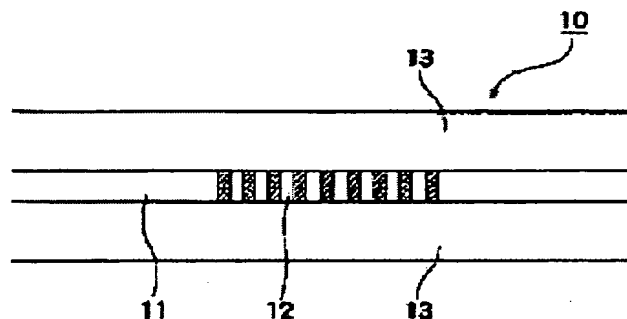


**OPTICAL PARTS****Publication number:** JP2000321442**Publication date:** 2000-11-24**Inventor:** ISHIKAWA SHINJI; MOBARA MASAICHI**Applicant:** SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES**Classification:****- international:** G02B6/02; G02B6/138; G02B6/34; G02B6/02;  
G02B6/13; G02B6/34; (IPC1-7): G02B6/00; G02B6/10;  
G02B6/12**- european:** G02B6/02B; G02B6/138; G02B6/16A; G02B6/34B4**Application number:** JP19990133025 19990513**Priority number(s):** JP19990133025 19990513**Also published as:** US6788874 (B)**Report a data error he****Abstract of JP2000321442**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To easily produce optical parts having a small optical loss, a simple structure and desired temperature characteristics. **SOLUTION:** An optical part 10 is an optical fiber grating element with a grating 12 formed in the core region 11 of an optical fiber and the clad region 13 comprises silica glass. The optical material of the core region 11 is a ladder type silicone resin and the desired refractive index is provided to the silicone resin by appropriately adjusting the combining ratio between SiO and functional groups and also appropriately adjusting the combining ratio between methyl groups and phenyl groups. The optical part 10 has a desired coefficient of thermal expansion and desired temperature characteristics as a whole.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-321442

(P2000-321442A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 6/00	3 7 6	G 0 2 B 6/00	3 7 6 A 2 H 0 4 7
6/10		6/10	C 2 H 0 5 0
6/12		6/12	N

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-133025

(22) 出願日 平成11年 5 月 13 日 (1999. 5. 13)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番33号

(72) 発明者 石川 真二

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 茂原 政一

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外 3 名)

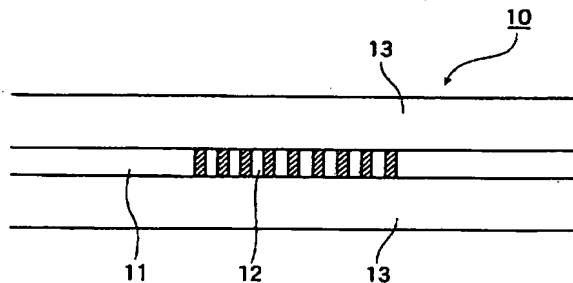
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光部品

(57) 【要約】

【課題】 光損失が小さく構成が簡易で容易に製造することができ所望の温度特性を有する光部品を提供する。

【解決手段】 光部品 10 は、光ファイバのコア領域 11 にグレーティング 12 が形成された光ファイバグレーティング素子であって、クラッド領域 13 がシリカガラスからなる。コア領域 11 の光学材料は、ラダー型シリコーン樹脂であって、SiOと官能基との配合比率が適切に調整され、また、メチル基とフェニル基との配合比率も適切に調整されて、屈折率が所望値とされたものである。そして、光部品 10 は、全体として所望の熱膨張係数を有し、所望の温度特性を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が有機材料と化学結合され又は微粒子状態で混合された光学材料が光導波領域に用いられていることを特徴とする光部品。

【請求項2】 前記有機材料はシリコン樹脂であることを特徴とする請求項1記載の光部品。

【請求項3】 前記無機材料と前記有機材料とが化学結合された前記光学材料はラダー型シリコン樹脂であることを特徴とする請求項1記載の光部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所望の特性を有するよう調整可能な光学材料を用いた光部品に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光導波路等からなる光部品は、温度 $T$ が変化すると、光路長が変化して、これに因り特性が変化する、この光路長の変化率は、実効屈折率 $n_{\text{eff}}$ の温度依存性 $dn_{\text{eff}}/dT$ と熱膨張係数 $\alpha_{\text{eff}}$ とを加算したものである。一般に光部品は使用温度範囲において特性が温度によらず一定であることが望ましい。このような温度依存性を消失させるためには、屈折率の温度係数および熱膨張係数の符号が異なる複数の材料を選定し、これら複数の材料を用いて光部品を構成することで、光部品の全体として、

## 【0003】

## 【数1】

$$\frac{1}{n_{\text{eff}}} \frac{dn_{\text{eff}}}{dT} + \alpha_{\text{eff}} = 0 \quad \cdots(1)$$

【0004】なる式で表されるアサーマル条件を使用温度範囲で満たす必要がある（例えば、國分泰雄、"光波回路の温度無依存化技術"、応用物理、Vol.66, No.9, p.933-938 (1997)を参照）。

【0005】例えば、光ファイバのコア領域にブラッグ型のグレーティングが形成された光部品である光ファイバグレーティング素子の温度依存性消去（温度補償）技術として、負の熱膨張係数を有する部材（例えば、結晶化ガラス、液晶ポリマー、バイメタル、ガラス・金属、等）に光ファイバグレーティング素子を実装する技術が知られている（例えば、G.W.Yoffe, et al., "Temperature-compensated optical-fiber Bragg gratings", OFC'95 Technical Digest, W14 (1995)を参照）。この技術は、この実装部材により負の熱膨張（ $-1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）を光ファイバグレーティング素子に与えることにより、光ファイバの主成分であるシリカガラスの屈折率の正の温度依存性（ $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）を打ち消して、これにより上記(1)式で表されるアサーマル条件を満足させるものである。

【0006】また、有機材料は、屈折率の温度係数が負であって熱膨張係数が大きな正の値であるものが多いことから、温度依存性消去の原理の上では、温度上昇に因る電子分極の変化に起因する屈折率の上昇に対して、熱膨張に因る密度低下に起因する屈折率の低下が大幅に大きい材料とみなすことができる。一方、シリカガラス等の無機材料は、屈折率の温度係数が正である。そこで、光部品において有機材料と無機材料（シリカガラス）とを組み合わせることにより上記(1)式で表されるアサーマル条件を満足させる技術が検討されている。

【0007】例えば、光部品の1種である光導波路において、コア領域を無機材料（ $\text{SiO}_2$ - $\text{GeO}_2$ ）とし、また、クラッド領域の一部を無機材料（ $\text{SiO}_2$ ）とし残部を有機材料（PMMA & TFMA）としたものが知られている（例えば、米田茂、他、"石英系アサーマル光導波路の設計"、1997年電子情報通信学会総大会、C-3-2, p.187 (1997)を参照）。これは、コア領域内の光およびクラッド領域に浸み出した光それぞれに対する屈折率の温度依存性の差を用いて、光部品の全体の温度依存性消去を図るものである。

【0008】また、同じく光部品の1種であるアレイ導波路型回折格子（AWG: Arrayed Waveguide Grating）において、アレイ導波路部の長手方向の光路の殆どを無機材料（石英系材料）とし、その光路の一部分を有機材料（シリコン樹脂）としたものが知られている（例えば、Y.Inoue, et al., "Athermal silica-based arrayed d-waveguide grating (AWG) multiplexer", IOOC-ECOC97, pp.33-36 (1997)を参照）。これは、光路上の無機材料および有機材料それぞれにおける温度依存性を互いに相殺させることで、光部品の全体の温度依存性消去を図るものである。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の温度依存性消去技術は以下のような問題点を有している。すなわち、光部品の熱膨張係数と異なる符号の熱膨張係数を有する部材に該光部品を実装する場合には、光部品を作成する工程に加えて実装工程が必要となり、また、その部材を含めた構成が簡易ではない。光部品のクラッド領域の一部を無機材料とし残部を有機材料とする場合には、クラッド領域全体を同一材質とすることが困難であることから偏波特性を持ち易い。また、光部品において光伝搬方向について光路の一部分を有機材料に置き換える場合には、無機材料と有機材料との境界面における反射等により光の損失が大きい。

【0010】なお、以上では、温度依存性が無い又は小さい方が好ましい光部品の温度依存性消去について述べた。しかし、温度調整により特性を制御することができる機能を有する能動デバイスとして用いられる光部品では、逆に温度依存性が大きい方が好ましい場合がある。

50 この場合にも、上述したような構成と類似の構成が考え

られ、また、上述したような問題点と同様の問題点を有している。

【0011】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、光損失が小さく構成が簡易で容易に製造することができ所望の温度特性を有する光部品を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光部品は、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が有機材料と化学結合され又は微粒子状態で混合された光学材料が光導波領域に用いられていることを特徴とする。また、上記有機材料はシリコン樹脂であるのが好適である。また、上記無機材料と上記有機材料とが化学結合された上記光学材料はラダー型シリコン樹脂であるのも好適である。上記無機材料と上記有機材料との配合比率により、上記光学材料は所望の屈折率の温度依存性を有する。また、上記光学材料と他の材料との組み合わせにより、本発明に係る光部品は、全体として所望の熱膨張係数を有し、所望の温度特性を有する。したがって、この光部品は、実装の為の他の部材を設ける必要がないことから、製造が容易であり、構成が簡易である。また、この光部品は、光導波領域の光路に沿った方向について均質な光学材料とすることができるので、光損失が小さい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、以下では、本発明に係る光部品の光導波領域に好適に用いられる光学材料の2つの実施形態について初めに説明し、続いて本発明に係る光部品の2つの実施形態について説明する。

【0014】（光学材料の第1の実施形態）先ず、本発明に係る光部品において好適に用いられる光学材料の第1の実施形態について説明する。本実施形態に係る光学材料は、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が微粒子状態で有機材料と混合されたものであり、無機材料と有機材料との配合比率に応じて所定の屈折率の温度依存性を有している。有機材料はシリコン樹脂であるのが好適である。

【0015】本実施形態における無機材料は、 $\text{SiO}_2$ を主成分とするものであって粒子径が揃った微粒子である。この無機材料の微粒子の粒子径は、小さいほど好ましく、好適には50nm未満であり、更に好適には10nm未満である。数nm程度の粒子径の $\text{SiO}_2$ が実際に入手可能である。本実施形態に係る光学材料は、このような無機材料がシリコン樹脂等の有機材料に混合されている。このような光学材料を通過する光は、無機材料の微粒子によりレーリー散乱と同様の散乱特性を示す。しかし、無機材料の粒子径が十分に小さく、且つ、光が通過する光学材料の光路長が十分に短ければ、この

光学材料における光の散乱損失は許容できる程度である。

【0016】 $\text{SiO}_2$ の屈折率の温度係数は $1 \times 10^{-5}$  /°C程度であり、シリコン樹脂の屈折率の温度係数は $-37 \times 10^{-5}$  /°C程度である。 $\text{SiO}_2$ とシリコン樹脂とを適切な配合比率で混合することにより、所望の屈折率の温度依存性を有する光学材料を実現することができる。例えば、屈折率の温度係数が極めて小さい光学材料を実現するためには、 $\text{SiO}_2$ を97%とし、シリコン樹脂を3%とすることが必要である。ただし、大量の均質球の $\text{SiO}_2$ 微粒子の間の空間を少量のシリコン樹脂で埋めることは、実際のところ殆ど不可能である。なお、これまでは熱膨張係数について考慮していない。

【0017】以下では、屈折率の温度係数に加えて熱膨張係数をも考慮する為に、本実施形態に係る光学材料が基板上に存在する場合を想定する。図1は、第1の実施形態に係る光学材料における $\text{SiO}_2$ 割合に対して、この光学材料の屈折率の温度係数を打ち消し得る基板の熱膨張係数 $\alpha$ を示したグラフである。ここで上記(1)式で示されるアサール条件を用いた。この図より、熱膨張係数 $\alpha$ の値が正である基板を想定して、例えば、シリコン基板の熱膨張係数の値 $2.5 \times 10^{-6}$  /°Cを打ち消すためには、本実施形態に係る光学材料は、 $\text{SiO}_2$ が73%であり、シリコン樹脂が27%であることが必要である。また、熱膨張係数 $\alpha$ の値が更に大きい例えばバイレックスガラス基板( $\alpha = 3.2 \times 10^{-6}$  /°C)である場合には、本実施形態に係る光学材料は、無機材料と有機材料との配合比率がより現実的な値となる。

【0018】なお、本実施形態に係る光学材料が基板上に存在する場合には、基板との熱膨張差に因り、本実施形態に係る光学材料において応力歪み屈折率が生じ得る。しかし、ガラスと比べて有機材料のヤング率が小さいことから、本実施形態に係る光学材料も、ヤング率が小さく、応力歪み屈折率が小さくなる利点を持つ。

【0019】（光学材料の第2の実施形態）次に、本発明に係る光部品において好適に用いられる光学材料の第2の実施形態について説明する。本実施形態に係る光学材料は、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が有機材料と化学結合されたものであり、無機材料と有機材料との配合比率に応じて所定の屈折率の温度依存性を有している。有機材料はシリコン樹脂であるのが好適である。また、特に、この光学材料はラダー型シリコン樹脂であるのが好適である。

【0020】ラダー型シリコン樹脂は、無機材料である $\text{SiO}$ マトリックスと有機材料である官能基とが結合したものである。ここで、官能基は例えばメチル( $\text{CH}_3$ )基やフェニル( $\text{C}_6\text{H}_5$ )基等である。 $\text{SiO}$ と官能基とを適切な配合比率で結合することにより、所望の屈折率の温度依存性を有する光学材料（ラダー型シリコー

ン樹脂)を実現することができる。SiOの配合比率は45%~80%程度の範囲で調整が可能である。

【0021】本実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)の屈折率は、官能基の種類および配合比率に応じて調整が可能である。図2は、第2の実施形態に係る光学材料の屈折率をメチル基とフェニル基との配合比率に対して示したグラフである。この図より、本実施形態に係る光学材料の屈折率は、メチル基とフェニル基との配合比率に対して略直線的に変化している。したがって、本実施形態に係る光学材料は屈折率分布の制御の点でも好適である。

【0022】本実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)がシリコン基板上に存在する場合、有機材料の配合比率を80%程度とすることにより、アサermal条件を満たすことができる。また、熱膨張係数の値が更に大きい例えばバイレックスガラス基板である場合には、本実施形態に係る光学材料は、SiOの配合比率を調整することにより、アサermal条件を満たすことができる。

【0023】本実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)の熱膨張係数は、 $13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であって、基板として用いられ得るシリカガラスの熱膨張係数( $5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )の250倍程度と大きな値である。アサermal条件を満たすとともに、基板との熱膨張差に因る応力歪み屈折率を無くすることが重要である。本実施形態に係る光学材料は、コーティング基材が如何なるものであってもよいので、本実施形態に係る光学材料と基板とからなる光部品の全体の熱膨張係数を容易に所望値にすることができる。また、後述するように、基板を対称的に配置する手法もとることができる。

【0024】本実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)からなる層を基板上に形成して光導波路等の光部品を作成する場合に、反応性イオンエッチング工程が必要となる。酸素プラズマエッチングによりシリコン樹脂( $T_g = 200^{\circ}\text{C}$ )の加工が可能であり、本実施形態に係る光学材料も加工が可能である。また、散乱損失が小さいことが望まれるが、本実施形態に係る光学材料をクラッドとしたポリマクラッドファイバ(石英ガラスコア)を試作した結果、波長 $0.85 \mu\text{m}$ で散乱損失が $8 \text{ dB/km}$ であり、この光学材料における光の散乱損失の程度は許容できる程度である。

【0025】また、一般に光通信で用いられている信号光の波長帯域を含む波長範囲 $1.3 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$ では、本実施形態に係る光学材料に含まれる官能基により光が吸収損失を受ける。光路長が例えば数cm程度と短くても、この吸収損失が無視できない場合があり得る。しかし、ラダー型シリコン樹脂のCH結合のH部分の重水素化やフッ素化により、CH結合にかかわる吸収損失を低減することが可能である。

【0026】(光部品の第1の実施形態)次に、本発明

に係る光部品の第1の実施形態について説明する。図3は、第1の実施形態に係る光部品(光ファイバグレーティング素子)の構成を説明する断面図である。この図は、光軸を含む面で切断したときの断面図を示している。本実施形態に係る光部品10は、光ファイバのコア領域11にグレーティング12が形成された光ファイバグレーティング素子であって、光導波領域であるコア領域11が上記第2の実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)からなり、コア領域11の周囲にあるクラッド領域13がシリカガラスからなるものである。

【0027】この光部品10は以下のようにして作成される。図4および図5は、第1の実施形態に係る光部品(光ファイバグレーティング素子)の作成方法を説明する図である。初めに、シリカガラスからなる円柱状母材13aを用意する(図4(a))。この円柱状母材13aの中心軸に沿って所定の径の孔を開けて穴開け加工母材13bとし(図4(b))、この穴開け加工母材13bをヒータ20により加熱しながら延伸・線引して(図4(c))、中空ファイバ13cを作成する(図4(d))。この中空ファイバ13cは、本実施形態に係る光部品10のクラッド領域13となるべきものであって、例えば、外径が $125 \mu\text{m}$ であり、孔径が $6 \mu\text{m}$ であり、キャピラリー状のものである。

【0028】このキャピラリー状の中空ファイバ13cの孔に光学材料11aを毛管現象により注入する(図4(e))。この光学材料11aは、上記第2の実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)であり、SiOと官能基との配合比率が適切に調整され、また、メチル基とフェニル基との配合比率も適切に調整されて、屈折率が所望値とされたものである。そして、孔に光学材料11aを注入された中空ファイバ13cに対して加熱硬化処理を施して光ファイバ10aを作成する(図4(f))。この加熱硬化処理では、例えば温度 $200^{\circ}\text{C}$ で2時間に亘り加熱して光学材料11aを硬化させる。

【0029】以上のようにして作成された光ファイバ10aは、シリカガラスからなる領域がクラッド領域13となり、硬化された光学材料11aがコア領域11となる。そして、位相格子マスク30を介して光ファイバ10aに紫外光(UV光)を照射し(図5)、この紫外光照射に因り光学材料11a中のフェニル基を解離させることで屈折率変調を誘起して、グレーティング12を形成する。以上のようにして、図3に示すような本実施形態に係る光部品10が作成される。

【0030】以上の作成方法により実際に作成された光部品10では、コア領域11の光学材料11aは、SiOの配合比率が78%であり、メチル基とフェニル基との配合比率が適切に調整されて屈折率が1.47とされた。コア領域11の外径(クラッド領域13の内径)は $6 \mu\text{m}$ であり、クラッド領域13に対するコア領域11の屈折率差は、RNF法で測定したところ、0.77

%であった。また、形成されたグレーティング12の屈折率変調周期が $0.520\mu\text{m}$ であり、グレーティング長が $5\text{mm}$ であり、この光部品10はブラッグ型の光ファイバグレーティング素子であった。また、この光部品10による反射中心波長は $1.545\mu\text{m}$ であり、この反射中心波長における光の遮断量は $40\text{dB}$ であり、実用上充分なものであった。

【0031】この光部品10を温度 $120^\circ\text{C}$ で12時間に亘り熱処理して熱安定化させた。そして、その後遮断特性の温度依存性を評価した。その結果、温度範囲 $-20^\circ\text{C}\sim+80^\circ\text{C}$ における反射中心波長の変化は $0.01\text{nm}$ 程度であった。 $\text{GeO}_2$ 添加コア領域を有するシリカガラスファイバにグレーティングが形成された従来の光ファイバグレーティングにおいては上記温度範囲における反射中心波長の変化が $1\text{nm}$ 程度であるから、本実施形態に係る光部品10における反射中心波長の変化は、従来のものと比べて $1/100$ 程度となり、大幅に低減した。

【0032】本実施形態に係る光部品10は、光軸を中心とした軸対称であるから、応力に起因する偏波依存性がほぼ解消されており、反射中心波長における偏波依存性が $0.02\text{dB}$ 未満であり良好な特性であった。また、本実施形態に係る光部品10は、反射波長以外の波長において、光損失が $0.1\text{dB}/\text{cm}$ 未満であり、コネクタ接続した場合に接続損失を含めても光損失が $0.3\text{dB}/\text{cm}$ 未満であった。さらに、本実施形態に係る光部品10は、温度依存性消去の為に他の部材に実装する必要がないことから、実装工程が不要であって製造が容易であり、構成が簡易である。

【0033】(光部品の第2の実施形態)次に、本発明に係る光部品の第2の実施形態について説明する。図6は、第2の実施形態に係る光部品(光合分波回路)の構成を説明する斜視図である。本実施形態に係る光部品40は、基板41上にクラッド領域42が形成され、このクラッド領域42中に光導波領域であるコア領域43Aおよび43Bが形成され、そして、コア領域43Aおよび43Bそれぞれの一部分が互いに接近して導波光の結合すなわち光合分波が生じるようになっている。基板41はシリカガラスからなる。クラッド領域42ならびにコア領域43Aおよび43Bそれぞれは、上記第2の実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)からなり、 $\text{SiO}_2$ と官能基との配合比率が適切に調整され、また、メチル基とフェニル基との配合比率も適切に調整されて、屈折率が所望値とされたものである。なお、図6には代表的な寸法の値の一例も示されている。

【0034】この光部品40は以下のようにして作成される。図7は、第2の実施形態に係る光部品(光合分波回路)の作成方法を説明する図である。初めに、シリカガラスからなる基板41を用意する。そして、この基板41上に順に、下層のクラッド領域42となるべき光学

材料42aをスピンコーティングし、コア領域43Aまたは43Bとなるべき光学材料43aをスピンコーティングする。この光学材料42aおよび43aそれぞれは、上記第2の実施形態に係る光学材料(ラダー型シリコン樹脂)であり、 $\text{SiO}_2$ と官能基との配合比率が適切に調整され、また、メチル基とフェニル基との配合比率も適切に調整されて、屈折率が所望値とされたものである。そして、例えば温度 $200^\circ\text{C}$ で2時間に亘り加熱して、光学材料42aおよび43aの加熱硬化処理を行う。

【0035】続いて、光学材料43a上にフォトリソスト膜44を形成し、フォトリソグラフィ技術により、マスク50を用いて光合分波回路をフォトリソスト膜44にパターンニングする。そして、酸素と $\text{C}_2\text{F}_6$ との混合ガスを用いてプラズマ60を発生させて反応性イオンエッチングを行い、光合分波回路を光学材料43aにパターンニングする。その後、フォトリソスト膜44を除去する。そして、光学材料42aと同一組成の光学材料42bをスピンコーティングし、例えば温度 $200^\circ\text{C}$ で2時間に亘り加熱して光学材料42bの加熱硬化処理を行う。この光学材料42bは光学材料42aとともにクラッド領域42となるべきものである。

【0036】さらに、基板41の面に垂直な方向の応力歪みを低減するために、クラッド42(光学材料42b)の上にシリカガラス板45を接着する。そして、端面を切断し研磨して、これを本実施形態に係る光部品(光合分波回路)40とする。また、さらに、本実施形態に係る光部品40の光入出力端と、V溝部材46のV溝部に固定した光ファイバ47の光入出力端とを、光学接着剤により接着固定する。

【0037】以上の作成方法により実際に作成された光部品40では、光学材料42a、42bおよび43aそれぞれは、 $\text{SiO}_2$ と官能基との配合比率が $\text{SiO}_2$ 、基板41の熱膨張係数に応じて適切に調整され、メチル基とフェニル基との配合比率が適切に調整された。その結果、コア領域43Aおよび43Bそれぞれの光学材料43aは、屈折率が $1.460$ であって、厚さが $7\mu\text{m}$ であった。また、クラッド領域42の光学材料42aおよび42bは、屈折率が $1.450$ であって、厚さが $20\mu\text{m}$ であった。

【0038】この光部品40においてコア領域43Aとコア領域43Bとの間で光合分波が生じる光の波長の間隔は、 $20\text{nm}$ であり、比較的狭いものであった。この光部品40の光合分波特性の温度依存性を評価した結果、温度範囲 $-20^\circ\text{C}\sim+80^\circ\text{C}$ における合分波中心波長の変化は $0.01\text{nm}$ 程度であり、従来より知られている $\text{SiO}_2$ - $\text{GeO}_2$ コアを用いた光導波路における $1.1\text{nm}$ と比較して極めて小さかった。また、本実施形態に係る光部品40は、光損失が $0.1\text{dB}/\text{cm}$ 未満であり、実用上問題がない程度であった。さらに、本

実施形態に係る光部品40は、温度依存性消去の為に他の材質を複合化する必要がないことから、実装工程が不要であって製造が容易であり、構成が簡易である。

【0039】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、上記第1および第2の実施形態に係る光部品それぞれは、上記第2の実施形態に係る光学材料( $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料と有機材料とが化学結合されたもの)を用いたものであったが、上記第1の実施形態に係る光学材料( $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が微粒子状態で有機材料と混合されたもの)を用いてもよい。また、有機材料としては、シリコン樹脂に限られるものではなく、他のものであってもよい。

【0040】また、本発明に係る光部品は、上記実施形態で述べた光ファイバグレーティング素子や光合分波回路に限られるものではなく、他の任意の光部品(例えば、AWGや光分岐回路など)であってもよい。また、上記第1および第2の実施形態に係る光部品それぞれは温度依存性消去を図ったものであったが、温度調整により特性を制御することができる機能を有する能動デバイスとして用いられる光部品(例えば、減衰量が可変の光減衰器など)では、光部品の特性の温度依存性を逆に大きくし又は所望値とする光学材料を用いるのが好適である。この場合にも、光部品の光導波領域には、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が有機材料と適切な配合比率で化学結合され又は微粒子状態で混合された光学材料が用いられる。

【0041】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光部品は、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする無機材料が有機材料と化学結合され又は微粒子状態で混合された光学材料が光導波領域に用いられている。そして、上記無機材

\* 料と上記有機材料との配合比率により、上記光学材料は所望の屈折率の温度依存性を有する。また、上記光学材料と他の材料との組み合わせにより、本発明に係る光部品は、全体として所望の熱膨張係数を有し、所望の温度特性を有する。したがって、この光部品は、温度依存性消去の為に他の部材に実装する必要がないことから、実装工程が不要であって製造が容易であり、構成が簡易である。また、この光部品は、光導波領域の光路に沿った方向について均質な光学材料とすることができるので、光損失が小さい。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る光学材料における $\text{SiO}_2$ 割合に対して、この光学材料の屈折率の温度係数を打ち消し得る基板の熱膨張係数 $\alpha$ を示したグラフである。

【図2】第2の実施形態に係る光学材料の屈折率をメチル基とフェニル基との配合比率に対して示したグラフである。

【図3】第1の実施形態に係る光部品(光ファイバグレーティング素子)の構成を説明する断面図である。

【図4】第1の実施形態に係る光部品(光ファイバグレーティング素子)の作成方法を説明する図である。

【図5】第1の実施形態に係る光部品(光ファイバグレーティング素子)の作成方法を説明する図である。

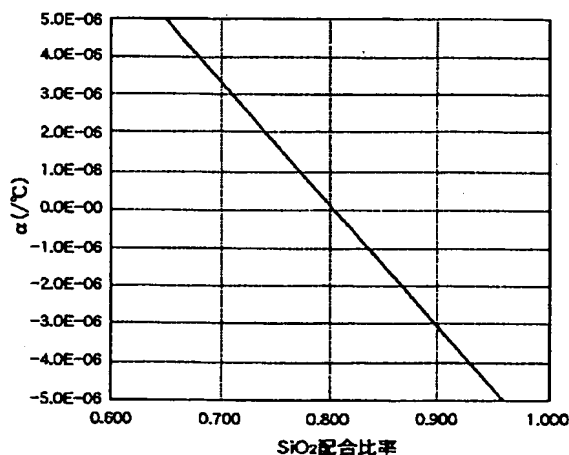
【図6】第2の実施形態に係る光部品(光合分波回路)の構成を説明する斜視図である。

【図7】第2の実施形態に係る光部品(光合分波回路)の作成方法を説明する図である。

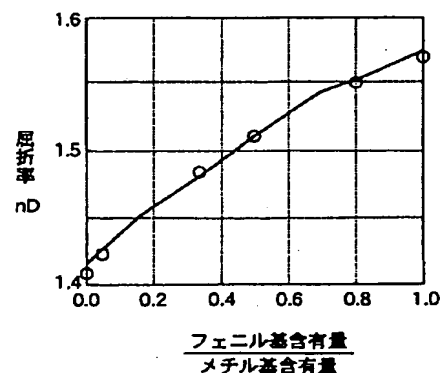
【符号の説明】

10…光部品(光ファイバグレーティング素子)、11…コア領域、12…グレーティング、13…クラッド領域、40…光部品(光合分波回路)、41…基板、42…クラッド領域、43A、43B…コア領域。

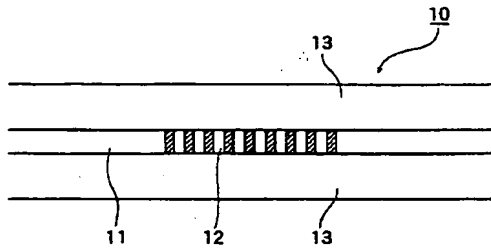
【図1】



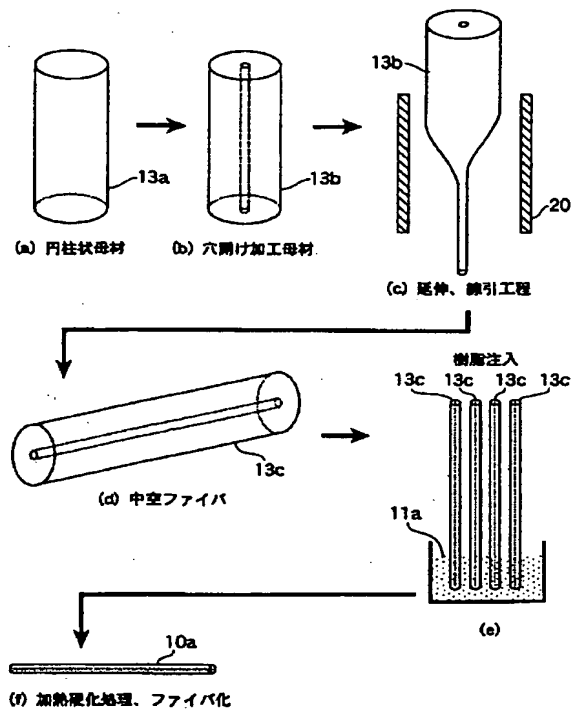
【図2】



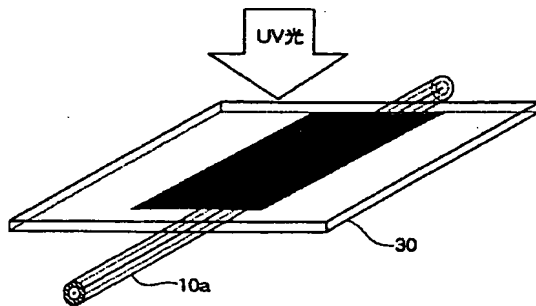
【図3】



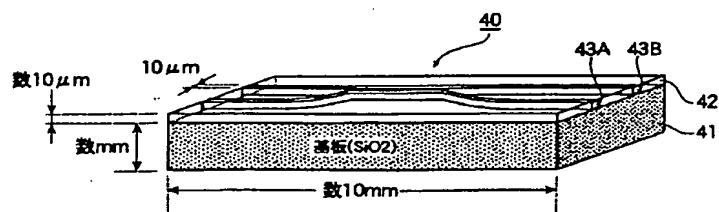
【図4】



【図5】

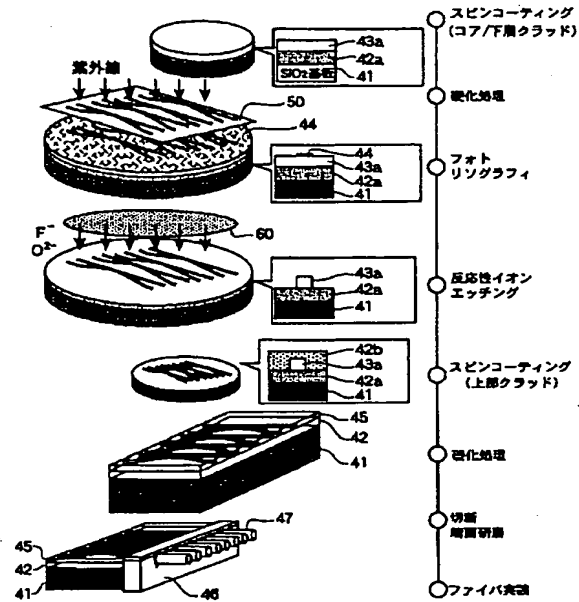


【図6】





【図7】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H047 KA03 LA12 LA18 MA05 PA02  
 PA22 PA24 QA04 QA05  
 2H050 AB04X AB04Y AB46X AC82  
 AC84 AD00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**